BIOGRAPHIE

INSTITUT DE FRANCE

ACADÉMIE DES SCIENCES

# UN DOUBLE CENTENAIRE:

# NEWTON ET LAPLACE,

## LEUR VIE ET LEUR ŒUVRE.

DISCOURS PRONONCÉ A LA SORBONNE,

le mercredi 4 mai 1927,

PAR M. ÉMILE PICARD.

PARIS

PALAIS DE L'INSTITUT

M CM XXVII

INSTITUT.

1927 — 12bis

INSTITUT DE FRANCE.

ACADÉMIE DES SCIENCES

# UN DOUBLE CENTENAIRE:

# NEWTON ET LAPLACE,

## LEUR VIE ET LEUR ŒUVRE.

DISCOURS PRONONCÉ A LA SORBONNE,

le mercredi 4 mai 1927,

PAR M. ÉMILE PICARD.

PARIS
PALAIS DE L'INSTITUT
M CM XXVII

INSTITUT.
1927 — 12bis

WELLCOME
HISTORICAL
MEDICAL
LIBRARY

# UN DOUBLE CENTENAIRE:

# NEWTON ET LAPLACE,

## LEUR VIE ET LEUR ŒUVRE.

DISCOURS PRONONCÉ A LA SORBONNE,

le mercredi 4 mai 1927,

PAR M. ÉMILE PICARD,

de l'Académie française,
Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences.

MESDAMES,
MESSIEURS,

Un double anniversaire rapproche cette année les noms de Newton et de Laplace. C'était le 5 mars dernier le centenaire de la mort de Laplace; Newton est mort cent ans plus tôt presque jour pour jour. Nous voudrions commémorer ce double anniversaire, en rappelant la vie et l'œuvre du fondateur de la Mécanique céleste et du plus illustre continuateur de son œuvre; on aura ainsi une esquisse d'un des plus beaux chapitres de l'histoire de la Science.

# I

Isaac Newton naquit en 1642 à Volstrop, dans la province de Lincoln. Pendant sa première jeunesse, il travailla seul, montrant beaucoup de goût pour les combinaisons mécaniques, ce qui lui donna le désir d'étudier la géométrie. Ses biographes ont beaucoup vanté sa précocité, et Fontenelle lui applique ce que Lucain a dit du Nil, dont les anciens ne connaissaient pas la source: « Il n'a pas été permis aux hommes de voir le Nil faible et naissant ». Il y a souvent quelque exagération dans ce qu'on dit de la précocité des hommes célèbres. Entré à dix-huit ans au Collège de la Trinité à Cambridge, Newton ne paraît pas avoir été un de ces étudiants particulièrement brillants, et au concours pour une place de Fellow, il n'obtint que le second rang. Un des premiers livres qu'il étudia à l'Université fut la géométrie de Descartes. La généralité des méthodes de la géométrie analytique fit sur lui une profonde impression, et cependant, dans ses écrits, Newton s'est toujours montré très froid, et parfois injuste, à l'égard de Descartes. On pourrait voir là le prélude de la lutte si vive au siècle suivant entre les Cartésiens et les Newtoniens.

Les ouvrages de Wallis sur l'arithmétique de l'infini furent ensuite l'objet des méditations de Newton. Il semble que celui-ci posa, vers 1666, les fondements de sa *Méthode des fluxions*. Sous la forme géométrique qu'il lui donne, les variables appelées *fluentes* sont assimilées à des points en mouvement; on envisage en même temps leur vitesse ou *fluxion*, et le problème général est d'étudier les variations simultannées entre *fluentes* et *fluxions*. Mais Newton ne fit alors rien connaître de ses travaux qui ne virent le jour qu'avec le *Livre des principes*; il se réservait de les utiliser pour l'étude des phénomènes naturels. Or, en 1684, Leibnitz exposait dans une note de six pages des *Acta eruditorum* de Leipzig les principes d'un calcul analogue à celui de Newton, et fondé sur la considération des infiniment petits de différents ordres. Un échange de correspondance s'en suivit entre Newton et Leibnitz; mais, tandis que celui-ci faisait connaître com-

plètement sa méthode avec la notation différentielle qu'il employait et qui est restée en usage, Newton cachait la sienne sous un anagramme, procédé d'ailleurs en usage chez les savants de cette époque. Peu à peu, la querelle s'envenima, et rien ne serait plus affligeant qu'une telle lutte entre deux grands génies, si l'on ne savait, comme l'a dit Pascal, que *les grands hommes, quelque élevés qu'ils soient, sont semblables aux moindres par quelque endroit*. Le mieux est de reconnaître aux deux rivaux des droits égaux, et on peut résumer ainsi ce débat historique. Newton n'a pas voulu séparer de leurs applications l'exposition des règles du nouveau calcul, et il s'est laissé devancer dans la publication. Leibnitz, plus philosophe que géomètre, et soucieux surtout des lois de l'esprit humain, a donné des préceptes généraux, laissant à d'autres le soin de cultiver les plantes dont il avait fourni les graines. D'ailleurs, l'un et l'autre avaient eu des précurseurs. Sans remonter, comme il serait possible, jusqu'à Archimède, on doit rappeler que Lagrange et Laplace regardaient Fermat comme le véritable inventeur du calcul différentiel avec sa méthode de *maximis et minimis*. Pascal, de son côté, avait montré la légitimité du calcul des infiniment petits, et Leibnitz lui a rendu justice, en reconnaissant ce qu'il devait à ses écrits.

La première édition de l'ouvrage immortel intitulé: «*Philosophiæ naturalis principia mathematica*» parut en 1687. Les points essentiels en avaient été élaborés bien des années auparavant. Mais, une vérification qui exigeait une connaissance assez précise du rayon terrestre n'ayant pas donné à Newton le résultat attendu, il avait renoncé à publier son livre; c'est seulement en 1682 qu'une mésure plus exacte des dimensions de notre globe vint apporter la confirmation désirée. Les deux premieres parties du *Livre des Principes* traitent des principes généraux du mouvement, à l'établissement desquels avaient antérieurement contribué Galilée, Descartes et Huyghens, pour ne citer que quelques noms. L'exposé didactique de Newton est resté célèbre, au point que, oubliant d'illustres précurseurs, on donne constamment le nom de Mécanique newtonienne à la Mécanique classi-

que. Dans la troisième partie, Newton, partant des lois relatives au mouvement des planètes autour du Soleil que Képler avait trouvées par l'observation, démontre que, pour chacun de ces astres, la force le retenant dans son orbite est dirigée vers le Soleil, sa grandeur étant en raison inverse du carré de la distance, et que, à égalité de distance au Soleil, cette attraction est proportionnelle à la masse de la planète. De ces faits particuliers Newton s'élance par une induction d'une extraordinaire hardiesse au principe de la gravitation universelle, d'après lequel deux points matériels s'attirent proportionnellement à leur masse et en raison inverse du carré de leur distance.

Il y a dans cette manière de procéder toute une philosophie de la science. On élève, si j'ose dire, à la dignité de loi générale de la Nature les résultats des calculs faits en partant d'observations relatives à quelques planètes; c'est l'accord avec l'expérience des résultats déduits de cette loi, qui devra la légitimer.

Au point de vue où se plaçait Newton, la pesanteur apparaissait comme un effet de l'attraction terrestre, et le mouvement de la Lune autour de la Terre offrait pour ses idées une vérification. Comme je l'ai dit, celle-ci réussit seulement quand le rayon terrestre fut connu avec une approximitation suffisante: En faisant cette vérification, Newton se trouva tellement ému qu'il ne put continuer son calcul et pria un de ses amis de l'achever. C'est qu'il apercevait les conséquences les plus éloignées de la gravitation universelle, conséquences qu'il avait suivies avec une hardiesse et une continuité de pensée dont on ne verra jamais peut-être d'autre exemple. On sait que, comme on lui demandait de quelle manière il était parvenu à ses découvertes, il répondait « en y pensant toujours et il écrivait au docteur Bentley « Croyez-moi, si mes recherches ont produit quelques résultats utiles, ils ne sont dûs qu'au travail et a une pensée *patiente* » mot qui rappelle une phrase célèbre de Buffon.

Il suffira de rappeler quelques-uns des plus admirables résultats du *Livre des Principes*. Après avoir démontré que deux sphères composées de couches concentriques s'attirent comme si leurs masses

étaient réunies à leurs centres, Newton peut, dans l'étude du mouvement des grosses planètes du système solaire, réduire ces astres à des centres attractifs. Il détermine les masses du Soleil et de la Terre, ainsi que celles des planètes ayant des satellites. Une de ses plus remarquables découvertes est la cause de la *précession des équinoxes*. On sait que, dans son mouvement autour du Soleil, l'axe de la Terre ne reste pas parallèle à lui-même. Il décrit lentement en vingt-six mille ans un cône autour de la perpendiculaire au plan de l'écliptique; c'est le phénomène de la précession des équinoxes révélé par l'observation à Hipparque, le plus grand astronome de l'antiquité. Newton devina que cette précession est due à l'aplatissement de la Terre, et provient des actions du Soleil et de la Lune sur le renflement équatorial. Quant à cet aplatissement, il a pour cause la rotation de la Terre autour de son axe, quand elle était encore à l'état liquide, ce qui conduisit Newton à la détermination des lois de variation de la pesanteur à sa surface.

On trouve aussi dans le *Livre des Principes* une Théorie de la Lune. Newton reconnut que plusieurs inégalités de son mouvement, ainsi que le mouvement rétrograde de ses nœuds, sont dûs à l'action du Soleil sur notre satellite. on lui doit de même l'explication des marées, qui proviennent de l'attraction exercée par la Lune et le Soleil sur les eaux des Océans, phénomènes que beaucoup attribuaient à la respiration de la Terre regardée comme un animal gigantesque. Rappellerai-je encore que les Comètes cessèrent d'être les astres mystérieux qu'elles avaient été si longtemps, quand Newton eut montré qu'elles satisfaisaient aux lois de Képler et se mouvaient sous l'influence de la gravitation universelle.

A la vérité, toutes ces découvertes ne sont qu'ébauchées dans le *Livre des Principes*. Sur beaucoup de points, l'état de l'analyse ne permettait pas alors d'aller plus loin. Mais l'instrument mathématique, créé en grande partie par le génie de Newton, allait se développer pendant le 18$^{me}$ siècle, et la voie était ouverte où d'illustres géomètres, pour la plupart français, allaient remporter d'éclatants triomphes.

Il s'en faut de beaucoup que les contemporains aient salué d'une admiration unanime l'apparition du *Livre des Principes*. Tout d'abord, peu de personnes étaient capables de suivre les déductions profondes de cet ouvrage, dont la lecture était rendue plus difficile encore par une forme synthétique donnée aux raisonnements, forme très différente, on n'en peut pas douter, des méthodes analytiques qui avaient servi à la découverte.

Les-uns prétendaient, ce qui est exact, que l'idée d'une tendance au rapprochement, d'une attraction entre les corps célestes avait déjà été émise, et qu'on avait même parlé de la raison inverse du carré de la distance. Robert Hooke, l'adversaire opiniâtre de Newton à la la Société Royale à Londres, prétendait avoir tout découvert dans cette question. Mais il n'avait émis en réalité que des vues très vagues, et sans aucune preuve, comme le disait Newton dans une lettre à Halley: « Hooke n'a rien fait, mais cependant il s'est exprimé comme s'il savait tout, et qu'il eût tout approfondi excepté ce qui exigeait l'ennuyeux tracas des observations et des calculs ». Newton a raison; on a rencontré, dans tous les temps, des gens habiles qui, donnant à leur pensée une forme vague et peu précise, prétendent après coup avoir tout découvert.

D'autres adversaires de Newton, se plaçant à un point de vue philosophique, l'accusaient de faire revivre avec l'attraction les qualités occultes de la vieille scholastique, qui faisaient horreur aux Cartésiens. Ainsi Huyghens écrivait à Leibnitz à propos des marées: « Pour ce qui est de la cause du reflux, que donne M. Newton, je ne m'en contente nullement, ni de ses autres théories qu'il bastit sur son principe d'attraction, qui me paraît absurde ». Huyghens se trompait, en cherchant dans l'attraction une explication au sens cartésien. Newton au contraire la prenait comme un fait. Nous nous exprimons un peu différemment aujourd'hui, en disant que l'étude du mouvement des planètes, en partant des lois de Képler, a conduit Newton à trouver la forme des équations différentielles de la Mécanique céleste. Quoi qu'en ait pensé Huyghens, il n'y a rien d'absurde a priori dans une théorie scientifique. Les théories servent à classer et à

prévoir les phénomènes, et c'est de ce point de vue qu'on doit les juger. A cet égard, aucune théorie n'a vu tant de ces prédictions réalisées que celle de la gravitation universelle. Au jugement de Laplace, l'œuvre de Newton réunissait aux mérites des découvertes celui d'être le meilleur modèle que l'on puisse se proposer dans les sciences, la méthode newtonienne consistant à s'élever par une suite d'inductions à un fait très général reliant entre eux un nombre considérable de faits particuliers.

En France, le cartésianisme jouissait d'une grande faveur au début du 18me siècle. A peu d'exceptions près, les géomètres de l'Académie connaissaient mal Newton, et Fontenelle, si habile a répandre la lumière et les grâces sur les sciences abstraites, ne lui était guère favorable. Dominique Cassini, Directeur de l'Observatoire de Paris, voulait substituer une courbe du quatrième degré à l'ellipse de Képler, et l'on discutait alors dans les ruelles sur la forme allongée ou aplatie du sphéroïde terrestre. Dans un livre de vulgarisation, « Éléments de philosophie de Newton », Voltaire donna en 1736 un exposé fidèle du système newtonien et contribua ainsi à le faire connaître en France, où il allait rencontrer, quelques années plus tard, d'ardents partisans.

En même temps qu'un grand géomètre, Newton a été un grand physicien. C'est dans ces Leçons d'optique données à Cambridge vers 1670, mais publiées seulement en 1704, que Newton établit le fait si inattendu de la composition et de la décomposition de la lumière blanche. Après avoir prouvé que les différentes couleurs qui la composent sont inégalement réfrangibles, il fait une synthèse des rayons diversement colorés, et démontre que les sept couleurs du spectre, quand elles sont réunies, reconstituent la lumière blanche. Le soin avec lequel toutes ces expériences sont faites, l'ordre dans lequel elles sont présentées font de cet ensemble une œuvre justement classique. Newton a donné encore dans ses leçons une explication des couleurs de l'arc en ciel, se montrant d'ailleurs dans cette circonstance, très injuste pour Descartes, et il a étudié aussi les cou-

leurs des lames minces. Ces travaux peuvent être regardés comme des modèles dans l'art d'expérimenter; les faits observés avec une rare sagacité sont décrits avec exactitude singulière.

En optique, Newton fut moins heureux comme théoricien que comme expérimentateur. Alors que Huyghens posait les bases de la théorie des ondulations, appelée à un si grand avenir, dans laquelle la lumière résulte de la propagation d'ondes dans un *éther* élastique, Newton reprenait avec le système de l'émission une idée des atomistes de l'antiquité. Dans ce système, de petits corpuscules, émanés des corps lumineux, produisent la vision en frappant notre rétine, ce qui n'empêche pas d'ailleurs Newton d'admettre l'existence d'un milieu animé de vibrations très rapides dans lequel se meuvent ces corpuscules, et déterminant ceux-ci à produire certains effets. Les molécules lumineuses qui se suivent sur un même rayon ne se trouvent pas dans les mêmes circonstances physiques. Newton les regarde comme différemment orientées par suite d'un mouvement de rotation sur elles-mêmes; aussi, quand elles rencontrent un corps qui puisse les réfléchir ou les réfracter, elles ne sont pas également disposées à subir son action, d'où des accès de *plus facile réflexion* et de *plus facile transmission*. Ces vues devaient par la suite se montrer peu fécondes; mais au 18e siècle, elles triomphèrent complètement. Euler reste à peu près seul alors partisan de la théorie des ondulations. Dans ses lettres à une princesse d'Allemagne, faisant la critique du système de Newton, Euler s'étonne que ce système ait été imaginé par un si grand homme, et embrassé par tant de philosophes éclairés, et il ajoute: «mais Cicéron a déjà fait la remarque qu'on ne saurait imaginer rien de si absurde que les philosophes ne soient capables de soutenir». Le grand mathématicien suisse exagérait, et ses idées sur les théories nous paraissent aujourd'hui trop étroites.

Que de travaux de Newton sur l'Algèbre qu'il appelle Arithmétique universelle, sur la géométrie analytique, sur la propagation du son, nous pourrions encore citer. Le grand géomètre apparaît surtout à la postérité comme l'auteur du *Livre des Principes*. « Ce livre, — a

écrit Laplace, — restera comme un monument de la profondeur du génie, qui nous a révélé la plus grande loi de l'Univers».

Les découvertes essentielles de Newton étaient faites à l'apparition du Livre des Principes; il avait alors 45 ans. Nommé peu après Directeur de la Monnaie à Londres, il se consacra à cette fonction, en même temps qu'il devint membre du Parlement, et son activité scientifique paraît s'être bornée depuis lors à la publication d'éditions successives de ses ouvrages. Certaines additons et suppressions furent la cause de polémiques acerbes où Newton n'eut pas toujours le beau rôle, notamment en ce qui concerne l'invention du calcul infinitésimal. Dans la seconde édition du Livre des Principes, Newton sortant de la réserve philosophique qu'il avait regardée jusque là, voit dans l'admirable arrangement du Soleil et des planètes l'ouvrage d'un être intelligent et tout-puissant, mais il pense que, par suite des perturbations provenant des actions mutuelles de ces astres, cet arrangement ne pourra pas se maintenir, et il croît que le système solaire aura besoin un jour d'être remis en ordre par son auteur. Cette intervention de la divinité fut vivement critiquée par Leibnitz, qui trouva que c'était là une idée bien étroite de la sagesse de Dieu, ce à quoi Newton répliqua en traitant de miracle perpétuel l'harmonie préétablie de Leibnitz.

Newton se délassait de ses immenses travaux par des études de chronologie et de théologie. Il a commenté longuement l'Apocalypse et les prophéties de Daniel. A l'égard de l'Église de Rome, ses antipathies étaient violentes. Ses biographes nous le montrent comme un chrétien fermement convaincu de la vérité de la révélation, mais, quoiqu'il appartint à l'Église anglicane, il paraît avoir professé des doctrines antitrinitaires. Les témoignages des contemporains sur son caractère sont assez contradictoires. Il semble avoir recherché surtout sa tranquillité, et ce n'est pas sans peine que Halley le décida à publier le Livre des Principes. Si il témoigne parfois de quelque dédain pour ses adversaires, on le trouve à d'autres moments d'une grande modestie, il disait de lui-même qu'il n'était qu'un enfant occupé à ramasser des cailloux

sur le rivage, tandis que l'immense Océan de la vérité s'étendait inexploré devant lui.

Newton mourut le 20 mars 1727. Il fut inhumé dans l'Abbaye de de Wesminster, où un magnifique monument lui fut élevé quelques années après. On y lit une longue épitaphe se terminant par ces mots:

*Sibi gratulentur mortales, tale tantumque extitisse humani generis decus.*

Certes, c'est un honneur pour le genre humain qu'un tel homme ait existé. On ne peut que souscrire à cet éloge du législateur de la Mécanique et du fondateur de l'Astronomie mathématique.

C'est en France que vont se trouver pendant le 18e siècle les successeurs les plus éminents Newton. En dehors de notre pays, Euler seul mérite d'être cité à côté de Clairaut, de d'Alembert, de Lagrange et de Laplace. Des difficultés considérables se présentaient pour suivre dans tous leurs détails les conséquences de la doctrine de la gravitation universelle. Le livre de Clairaut sur la figure de la Terre est un chef-d'œuvre, et sa théorie de la Lune a réalisé un progès important dans l'étude du problème des trois corps. Clairaut eut aussi l'audace d'entreprendre le calcul des perturbations de Jupiter et de Saturne sur la comète de Halley; et l'heureuse prédiction du retour de cet astre en 1759 rendit son nom populaire.

D'Alembert publie en 1743 ses recherches sur la *précession des équinoxes*; les vues géniales, mais singulièrement audacieuses de Newton, étaient ainsi confirmées par une analyse rigoureuse, en même temps que se trouvaient rattachée au système newtonien la *nutation* découverte antérieurement par Bradley. Sans nous arrêter à d'autres remarquables recherches de l'auteur du Discours préliminaire de l'Encyclopédie, nous arrivons à deux des plus grands noms dont s'honore la Science française, Lagrange et Laplace. Leurs travaux ont bien des points de contact. Aussi le nom de Lagrange reviendra-t-il plus d'une fois dans l'esquisse que j'ai maintenant à tracer de l'œuvre de Laplace.

***

Pierre Simon Laplace naquit à Beaumont-en-Auge, près de Pont-l'Evêque, le 23 mars 1749, dans une famille de modestes cultivateurs. Sa vive intelligence et sa mémoire prodigieuse frappèrent ses premiers maîtres, et lui attirèrent la sympathie de quelques habitants de la petite ville. Il fut autorisé à suivre les cours du collège de Beaumont, tenu par des Bénédictins de Saint-Maur. Tout l'intéressait dans ses études et il acquit une connaissance sérieuse des langues anciennes. La théologie le passionna un moment, et il eut d'ailleurs toute sa vie le goût des controverses religieuses.

Après avoir professé quelque temps les mathématiques à l'École militaire établie à Beaumont, il vint à Paris en 1770, décidé à se consacrer aux recherches scientifiques. Il avait une lettre de recommandation pour d'Alembert, alors dans tout l'éclat de sa renommée. Il aurait été reçu debout par d'Alembert, qui, pour s'en débarrasser promptement, lui donna un problème très difficile à résoudre, en lui disant de revenir, quand il aurait trouvé la solution, ce que fit Laplace peu de jours après. D'après Fourier, Laplace aurait aussi envoyé une lettre à d'Alembert sur les principes de la mécanique, qui frappa vivement ce dernier. Peut-être s'agissait-il de cette généralisation de la mécanique classique, que l'on trouve au commencement de la *Mécanique céleste*, où la masse est regardée comme fonction de la vitesse. Quoi qu'il en soit, grâce à la protection de d'Alembert, Laplace fut nommé professeur à l'École militaire de Paris. Mais, il rencontra d'abord, semble-t-il, peu d'encouragement de la part de l'Académie des sciences. En 1772, il ressent quelque dépit de n'avoir pas été élu adjoint-géomètre, et, d'Alembert l'ayant redommandé à Frédéric II, il songe à accepter une pension du roi de Prusse. L'affaire heureusement en resta là sur les conseils de Lagrange, qui présidait alors l'Académie des sciences de Berlin, et connaissait les difficultés du milieu où il vivait.

Il est facile de caractériser l'œuvre de Laplace en astronomie. Son dessein, obstinément poursuivi, est de montrer que la loi de l'attrac-

tion suffit à expliquer toutes les particularités du mouvement des astres du système solaire. Il s'agit d'achever l'œuvre dont les bases ont été posées dans le livre des principes, et Laplace a pu être appelé justement le Newton français. Rien ne le détourne de son but; il ne se laisse pas tenter par la beauté des problèmes de mathématiques pures qui se présentent sur la route. Peu lui importent la longueur des calculs et la dissymétrie des formules, bien différent en cela de Lagrange soucieux de la belle ordonnance et de l'élégance dans la rédaction de ses mémoires.

Un des premiers travaux de Laplace se rapporte à la stabilité du système solaire. Newton, nous l'avons dit, avait été amené à supposer que ce système ne renfermait pas des éléments de conservation indéfinie. Laplace démontrait dès 1773 que les moyens mouvements et les grands axes des ellipses décrites par les planètes ont des variations périodiques, du moins quand on se borne dans les développements aux premières puissances des masses. Lagrange et Poisson étendirent ensuite ces résultats en poussant plus loin les approximations. On put croire alors qu'il y a dans notre système un ordre maintenu par la puissance de la masse centrale, ce qui faisait dire à Fourrier: «Émanée une seule fois de la sagesse suprême, la loi de la gravitation préside depuis l'origine des temps, et rend tout désordre impossible. Newton ne connaissait point encore toutes les perfections de l'Univers». N'oublions pas toutefois que les calculs sont seulement approchés et que les planètes envisagées ont été réduites dans ces analyses à des points mathématiques. En fait, si des circonstances particulières, comme la grandeur de la masse du Soleil, par rapport à celles des planètes, ne s'étaient présentées, les procédés d'intégration employés par les astronomes n'auraient conduit à aucun résultat. Il y a des étoiles multiples où les composantes ont des masses à peu près égales; les planètes de ce système tournent autour de plusieurs soleils, et leurs habitants, si leur intelligence n'est pas plus aiguisée que la nôtre, doivent avoir les plus grandes difficultés à analyser des mouvements aussi complexes.

Dans la théorie des perturbations des planètes, c'est-à-dire dans l'é-

tude des mouvements de ces astres autour du Soleil en tenant compte de leurs attractions mutuelles, on distingue en particulier les perturbations ou inégalités séculaires, et les perturbations périodiques. La période correspondant à ces dernières peut être très longue, si le rapport entre les moyens mouvements de deux planètes est très voisin d'une fraction simple. C'est ce qui arrive pour Jupiter et Saturne; il y a 150 ans, le mouvement du premier accélérait, et il y avait ralentissement dans le mouvement du second. C'est une des plus belles découvertes de Laplace d'avoir trouvé la cause de ces irrégularités: elles sont dûes à une perturbation à longue période de plus de 900 ans.

Des faits analogues se présentent dans l'étude des satellites de Jupiter, où on rencontre d'étranges anomalies. Ce fut encore pour Laplace l'occasion d'un travail mémorable. Il établit entre les longitudes des trois premiers satellites une relation numérique remarquable, et les circonstances des éclipses de ces petits astres purent alors être déterminées.

La théorie des satellites de Jupiter conduisit Laplace à une autre découverte capitale, l'explication de l'accélération séculaire dans le mouvement de la Lune. De même que la variation séculaire de l'excentricité de l'orbite de Jupiter produit une accélération dans les moyens mouvements des satellites, l'accélération séculaire de la Lune tient pareillement à la diminution de l'excentricité de l'orbite de la Terre comme l'a montré Laplace. Cette excentricité ne diminuera d'ailleurs pas toujours; elle aura atteint son minimum dans 24000 ans.

Il n'est guère de partie de la Mécanique céleste à laquelle Laplace n'ait imprimé la marque de son génie. Il revint à maintes reprises sur la théorie de la Lune. Les inégalités périodiques de notre satellite résultent, les unes de la distance du Soleil à la Terre, les autres de l'aplatissement de celle-ci, d'où la possibilité d'obtenir ces deux éléments fondamentaux en comparant la théorie aux observations. Laplace complète aussi les recherches célèbres de Lagrange sur la libration de Lune, en montrant que les inégalités séculaires qu'il avait découvertes ne modifieront pas l'état de choses d'après lequel la Lu-

ne tourne toujours la même face vers la Terre. On éprouve un profond sentiment d'admiration devant un tel ensemble de recherches où l'analyse mathématique est maniée avec une sûreté, et, on peut le dire, un flair extraordinaires.

La carrière de Laplace dans l'enseignement fut courte. C'est à la recherche scientifique qu'il consacra sa vie. Aucun événement n'arrête ses travaux. Membre de la commission des poids et mesures, il est révoqué pendant la Terreur, en même temps que Lavoisier et Coulomb, à cause de l'insuffisance de ses vertus républicaines, et cependant il figura un jour à la tête d'une députation qui jura haine aux tyrans à la barre de la Convention. A la fondation de l'Institut national des sciences et arts en 1795, Laplace est nommé avec Lagrange membre de la section de mathématiques de la première Classe par arrêté du Directoire. Ses relations avec Bonaparte lui valurent d'être nommé Ministre de l'Intérieur au lendemain du 18 Brumaire, mais il resta peu de temps dans ce poste qui ne lui convenait pas. Quelques lignes du comte Daru écrites à ce sujet, semblent réfléter l'opinion que l'on avait alors des mathématiciens: «Il est possible, dit le Comte Daru en répondant au successeur de Laplace à l'Académie française, que pour le maniement des affaires il manque quelque chose à ceux qui ont passé leur vie dans l'étude des sciences exactes. Ils ne sont pas accoutumés à se tromper. La méthode des abstractions leur garantit la justesse des résultats, mais dans les affaires les points ont de la surface, les lignes des aspérités. Le calculateur toujours sûr de convaincre ne s'est jamais avisé de penser qu'il faudrait descendre jusqu'à persuader».

Laplace entra peu après au Sénat conservateur, dont il devint bientôt chancelier. Les divers régimes qui se succédèrent comblèrent de dignités l'illustre savant, à qui les formes du gouvernement paraissent sans doute bien contingentes à côté des lois immuables du système du monde. L'Empire le fit comte, la Restauration marquis et pair de France. Laplace aimait l'autorité et l'influence qu'on n'obtient guère en restant dans l'opposition. Quel contraste avec Lagrange, indifférent aux honneurs et regardant avec bonhomie la comédie hu-

maine, et Biot combattant à l'Institut en 1804 une motion qui demandait l'établissement de la dignité impériale.

Les anecdotes abondent sur le caractère de Laplace; plusieurs proviennent d'Arago, qui n'avait peut-être pas oublié que Laplace avait combattu sa candidature à l'Institut, d'autres de Poinsot dont la bienveillance n'était pas la vertu dominante. Vers la fin de sa vie, Biot a raconté ses premières relations avec Laplace, qui faisait alors imprimer sa Mécanique Céleste. Il lui écrivit pour le prier de permettre que les feuilles du livre lui fussent envoyées à mesure qu'elles s'imprimaient, ce qui fut accordé. C'est ainsi que Biot eut accès chez Laplace; il ne craignait pas de lui soumettre les difficultés qu'il rencontrait dans la lecture, et aucun savant ne s'étonnera que ces difficultés se présentaient surtout aux endroits où l'auteur avait écrit: «il est aisé de voir». Biot se souvenait aussi de la délicatesse avec laquelle Laplace avait accueilli son premier travail, lui montrant, seulement après avoir présenté le mémoire à l'Institut, un manuscrit déjà ancien où il avait traité la même question et s'était arrêté aux mêmes difficultés. Nous avons une note différente dans une conversation de Lagrange. Celui-ci demandait à un jeune géomètre pourquoi, dans un travail présenté à l'Institut, il citait Laplace à propos d'une question dont ce dernier ne s'était jamais occupé. Il en reçut cette réponse: «On m'a dit que je n'aurai pas de rapport si je ne citais pas M. de Laplace». Lagrange sourit et continua l'examen du Mémoire.

Mais laissons la petite histoire, très digne souvent de l'attention du psychologue, mais qui interesse peu l'histoire de la science, et revenons au savant, au philosophe et à l'écrivain. Nous nous sommes arrêtés plus haut sur quelques-uns des points les plus importants de l'œuvre de Laplace en Mécanique céleste. Que de recherches nous pourrions encore citer sur l'attraction des sphéroïdes, sur la figure de la Terre, sur le mouvement des corps célestes autour de leur centre de gravité. L'anneau de Saturne, cette merveille du monde solaire, a longtemps occupé Laplace; il se le représentait comme formé d'anneaux d'une largeur inégale dans les divers points de leur circonférence, et animés d'un mouvement de rotation, laquelle

fut plus tard observée par Herschell. Quoique Laplace s'interessât peu aux mathématiques en elles-mêmes, n'y voyant qu'un instrument, d'ailleurs indispensable, pour l'etude des phénomènes naturels, son nom revient souvent dans les travaux des analystes. L'attraction le conduisit à la notion du potentiel et à l'équation célèbre dite « de Laplace » ; certaines fonctions d'un point sur une sphère, appelées fonctions de Laplace, sont utilisées dans les développements d'une fonction de deux angles, et généralisent les séries trigonométriques.

Il est une question à laquelle Laplace a consacré de très grands efforts, je veux parler des marées. Newton avait considéré la mer comme un fluide recouvrant entièrement notre globe et prenant à chaque instant une figure d'équilibre sous l'action de la Lune et du Soleil. Il fallait étudier la manière dont ces astres troublent cet équilibre. La théorie des mouvements relatifs fait connaître les forces mises en jeu. Elles sont petites, mais, comme le remarque Laplace, dans une masse fluide les impressions que reçoit chaque molécule se communiquent à la masse entière. C'est par là qu'une action insensible sur une molécule isolée produit sur l'Océan des effets appréciables; plus une mer est vaste, plus les marées doivent y être sensibles, et les courants horizontaux sont l'élément principal du phénomène. Jamais peut-être Laplace n'a montré plus de pénétration que dans l'étude de ce problème alors presque entièrement neuf, que d'Alembert avait inutilement tenté de résoudre. Son analyse lui fit connaître aussi la condition générale de la stabilité de l'équilibre de la mer, d'après laquelle la densité de celle-ci doit être inférieure à la densité moyenne de la Terre. Les marées dépendant de circonstances locales trop compliquées pour qu'il soit possible de les soumettre au calcul, Laplace consacre un de ses mémoires à une étude empirique, et c'est à lui que l'on doit de pouvoir prédire les circonstances intéressant les marées. Avec quelle ingéniosité il combine les observations et les compare à la Théorie. Un sens pratique averti, et un esprit théorique élevé sont constamment unis dans ces belles re-

cherches, et Laplace est même conduit par cette voie indirecte à une détermination de la masse de la Lune.

Laplace a porté de bonne heure ses méditations sur le calcul des probabilités. Les applications de ce calcul dans la vie civile lui apparaissaient nombreuses, et il y trouvait un grand intérêt philosophique. Des questions sur le jeu posées à Pascal par le chevalier de Méré avaient été jadis l'origine de ces recherches. En formant pour résoudre *le problème des partis* une équation aux différences finies, Pascal inventait une des méthodes analytiques de la doctrine nouvelle, et la considération de telles équations a constitué plus tard pour Laplace la méthode la plus générale et la plus directe pour résoudre les questions de probabilité. Sa *théorie analytique des probabilités* est une œuvre considérable, d'une lecture assez difficile, malgré qu'il ait écrit: «La théorie des probabilités n'est que le bon sens réduit au calcul; elle fait apprécier avec exactitude ce que les esprits justes sentent par une sorte d'instinct». Peut-être Daniel Bernoulli qualifiait-il plus justement ce calcul de «*non minus nodosus quam jucundus*». Et Laplace d'ailleurs n'en disconvenait pas quand il parlait de «la logique fine et délicate qu'exige le maniement des principes». On sait à quelles difficultés peut donner lieu dès le début la définition des cas également possibles. A ce sujet, Laplace écrit: «cas également possibles, c'est-à-dire tels que nous soyons également indécis sur leur existence», et il ajoute que leur appréciation est un des points les plus délicats de la théorie des hasards. Au début de son *Essai philosophique sur le calcul des probabilités*, Laplace fait une sorte de profession de foi souvent citée: «Une intelligence qui, pour un instant donné, connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée et la situation respective des êtres qui la composent, si d'ailleurs elle était assez vaste pour soumettre ces données à l'Analyse, embrasserait dans la même formule les mouvements des plus grands corps de l'Univers et ceux du plus léger atome: rien ne serait incertain pour elle, et l'avenir comme le passé serait présent à mes yeux». Ainsi le hasard est nié par Laplace au nom du déterminisme scientifique. Les philosophes de l'antiquité avaient distingué le permanent de l'ac-

cident, ce dernier ne pouvant être objet de science. Dans les temps modernes, un profond penseur Cournot, reprenant au fond une pensée d'Artistote, estimait que « des chaînes de causes et d'effets peuvent être indépendantes, et que les événements amenés par la combinaison ou la rencontre d'autres événements qui appartiennent à des séries indépendantes les unes des autres sont ce qu'on nomme des événements fortuits ou des résultats du hasard ». On pourrait disserter là-dessus indéfiniment, ainsi que sur le déterminisme dont un idéaliste, comme Jules Tannery, disait un jour « Le déterminisme en soi tout seul n'a pas de sens. Il suppose une pensée; c'est pour une pensée que les choses sont déterminées ». Mais je dois me rappeler qu'un humoriste a défini la philosophie « l'explication du clair par l'obscur », et que, comme disait Joseph Bertrand, sur un sujet vaguement défini on peut raisonner sans équivoque. J'indique seulement que la recherche des lois, suivant lesquelles les probabilités approchent de leurs limites à mesure que les événements se multiplient, ont conduit Laplace à des études sur l'approximation des fonctions de grands nombres, qui font l'admiration des mathématiciens. La probabilité des causes l'a aussi beaucoup occupé, sujet délicat, car il revient à comparer la probabilité de l'existence d'une cause aux raisons que nous pouvons avoir par ailleurs de la rejeter. C'est ainsi qu'il remonta à la cause des anomalies observées dans les mouvements célestes, telles que l'accélération du mouvement lunaire et les grandes inégalités dans le mouvement de Jupiter et de Saturne.

Laplace fut presque aussi grand physicien que grand géomètre; en cela encore, il est le digne successeur de Newton. Ami de Lavoisier, il publie en 1780, en collaboration avec lui, un mémoire sur la chaleur. On y trouve une méthode nouvelle pour mesurer les chaleurs spécifiques, avec des applications à la recherche de la chaleur dégagée dans les combinaisons, et de curieuses remarques, premiers linéaments d'une mécanique chimique, sur l'équilibre entre la chaleur qui tend à écarter les molécules des corps et leurs affinités réciproques. Le langage employé est en général celui de la théorie du ca-

lorique, mais on trouve aussi des vues sur la chaleur, envisagée comme le résultat des mouvements insensibles des molécules et représentant la force vive de ces mouvements, ce qui est fort intéressant à la date de 1780. Le mémoire de Laplace sur la vitesse du son dans les gaz montre encore combien il avait médité sur les phénomènes calorifiques; il corrige la formule donnée à ce sujet par Newton, en tenant compte de la chaleur développée dans le gaz par la compression.

L'analyse des actions moléculaires près de la surface d'un liquide a permis à Laplace de donner la première théorie de la capillarité. En optique, il resta partisan de la théorie newtonienne de l'émission; dans ses mémoires sur les cristaux son souci constant a été de ramener l'explication des phénomènes à des forces attractives ou répulsives agissant à petites distances. Laplace, si il eût vécu plus longtemps, se serait-il rallié à la théorie ondulatoire de la lumière, que Fresnel venait de développer avec tant d'éclat? Je ne sais, quoiqu'il ait suivi avec beaucoup d'intérêt les travaux du grand physicien sur la diffraction. N'oublions pas d'ailleurs, je l'ai rappelé plus haut, que la théorie primitive de la lumière chez Newton était à la à la fois une théorie d'émission et une théorie ondulatoire. Ne semble-t-il pas qu'on revienne aujourd'hui, sous d'autres formes bien entendu, à la combinaison des deux points de vue avec les *quanta* de lumière?

Il faudrait encore rappeler les recherches de Laplace sur la réfraction astronomique, sur la mesure des hauteurs par le baromètre, sur l'électricité statique; on devrait citer aussi ses remarques, curieuses pour l'époque et auxquelles j'ai fait allusion plus haut, sur les principes de la Mécanique. Il donne une exposition générale, en supposant que l'impulsion de la force, au lieu d'être proportionnelle à la vitesse, en est une fonction quelconque, ce qui fait dépendre la masse de la vitesse comme dans certaines théories modernes.

En mécanique, en physique, en astronomie, rien ne lui fut étranger de la science de son temps. Comme l'a dit Fourier: « Laplace

était né pour tout approfondir, pour reculer toutes les limites, pour résoudre ce que l'on aurait pu croire insoluble».

Un volume entier des œuvres de Laplace est consacré à l'*Exposition du système du monde*. Laissant de côté les symboles mathématiques, Laplace y trace dans un style d'une élégante simplicité et qui parfois n'est pas sans grandeur le tableau du mouvement des corps célestes, et montre comment la théorie de la pesanteur universelle donne l'explication de ces déplacements. Cet admirable ouvrage est vraiment une hymne à la gloire de l'astronomie. Les pages qui le terminent marquent les points de vue sous lesquels Laplace envisageait la science. Rappelons-en les dernières lignes: «L'astronomie, par la dignité de son objet et par la perfection de ses théories, est le plus beau monument de l'esprit humain, le titre le plus noble de son intelligence. Séduit par les illusions des sens et de l'amour propre, l'homme s'est regardé longtemps comme le centre du mouvement des astres, et son vain orgueil a été puni par les frayeurs qu'ils lui ont inspirées. Enfin, plusieurs siècles de travaux ont fait tomber le voile qui cachait à ses yeux le système du monde. Alors il s'est vu sur une planète presque imperceptible dans le système solaire, dont la vaste étendue n'est elle-même qu'un point dans l'immensité de l'espace. Les résultats sublimes, auxquels cette découverte l'a conduit, sont bien propres à le consoler du rang qu'elle assigne à la Terre, en lui montrant sa propre grandeur dans l'extrême petitesse de la base qui lui a servi pour mesurer les cieux. Conservons avec soin, augmentons le dépôt de ces hautes connaissances, les délices des êtres pensants. Elles ont rendu d'importants services à la géographie et à la navigation; mais leur plus grand bienfait est d'avoir dissipé les craintes produites par les phénomènes célestes, et détruit les erreurs nées de l'ignorance de nos vrais rapports avec la nature, erreurs et craintes qui renaîtraient promptement, si la lumière des sciences venait à s'éteindre».

C'est dans une courte note de l'*Exposition du système du monde* que Laplace a fait connaître son hypothèse cosmogonique sur la forme du système solaire. Son esprit positif ne paraît pas y avoir atta-

ché une grande importance. A son insu, il avait été devancé par Kant, qui se plaçait même à un point de vue plus général en ne considérant pas le système solaire comme soustrait à toute action extérieure. De nombreuses objections ont été faites à l'hypothèse de Laplace, et depuis lors il y a eu une riche floraison de systèmes cosmogoniques. Nos idées dans ce domaine évoluent nécessairement avec les progrès de nos connaissances, qui mettent en évidence des faits insoupçonnés, sans parler de notre ignorance des conditions très différentes de celles qui nous sont connues, où peut se trouver la matière dans les immenses laboratoires que sont les nébuleuses spirales et les amas d'étoiles.

Telle fut dans ses grands traits l'œuvre du savant que la France a perdu le 5 mars 1827. Il n'est pas sans intérêt de rechercher ce que pensaient de lui, non pas seulement ses émules, bons juges de son génie mathématique, mais les esprits cultivés s'intéressant de loin aux choses de la science. C'est le côté esthétique de l'œuvre du grand géomètre, c'est l'harmonie que la loi de la gravitation universelle fait régner dans les cieux, qui les séduisait; c'est aussi la stabilité du système solaire démontrée par Laplace qui les enchantait, j'allais dire les rassurait. J'en ai déjà rappelé plus d'un témoignage; citons encore une phrase du discours de réception à l'Académie française de Royer-Collard disant en 1827 de son prédécesseur: «Il a été réservé à Laplace d'absoudre la loi de l'Univers, c'est-à-dire la sagesse divine, de ce reproche d'imprévoyance ou d'impuissance, où le génie de Newton était tombé. Le premier, il a démontré que le système solaire reçoit dans les conditions qui lui sont imposées le gage de son imprescriptible durée».

Nous ne tenons pas aujourd'hui un langage aussi ambitieux. Nous savons que les développements de forme trigonométrique employés en Mécanique céleste sont en général divergents, et que si, grâce à certaines circonstances, leur utilisation courante est légitime pour d'assez longues durées, il n'est pas permis d'y faire croître le temps indéfiniment. Malgré d'immenses efforts, le problème primordial de la Mécaniqne céleste, celui du mouvement de plusieurs points maté-

riels s'attirant suivant la loi de Newton, n'a pas fait au point de vue pratique de progrès sensibles depuis le temps de Lagrange et de Laplace; il faut toujours recourir à des divergentes dont le calcul est très laborieux.

Il y a vingt ans, on put avoir quelque espérance d'utiliser d'autres développements; une solution complète du problème des trois corps était trouvée par un astronome finlandais M. Sundmann. Celui-ci exprime, à l'aide d'une variable auxiliaire, le temps et les coordonnées des divers points par des développements toujours convergents, et on peut ainsi obtenir la position du système pour une époque quelconque, ce qui donne une solution théorique rigoureuse du problème. Malheureusement, ce beau résultat semble sans intérêt pour la Mécanique céleste usuelle. Il est impropre à mettre en évidence le caractère à peu près périodique de tant de phénomènes célestes, et il ne peut donner aucun renseignement sur les questions de stabilité. Ajoutons aussi que, dans le problème de M. Sundmann, il peut y avoir des chocs, au-delà desquels un artifice analytique prolonge la solution, ce qui n'a aucun sens au point de vue physique.

On voit les difficultés que rencontrent les mathématiciens, même dans des questions très simplifiées, à faire des prédictions pour des temps très lointains. Une question d'un autre ordre, celle de l'uniformité de la rotation terrestre, a très anciennement préoccupé les astronomes, et Laplace tout particulièrement, qui a déduit de la discussion des mouvements de la Lune, que la durée du jour n'a pas varié en moyenne d'un centième de seconde depuis deux mille ans. La mesure du temps est rapportée à la rotation de la Terre autour de son axe, la vitesse angulaire étant regardée comme constante. On ne pouvait guère espérer mettre en défaut cette hypothèse et démontrer la variation de la durée du jour que par la constatation d'une anomalie attribuable à la Terre, commune à plusieurs astres. Or, des astronomes éminents croient aujourd'hui trouver des preuves décisives de la variation du jour sidéral dans des anomalies du mouvement de la Lune et de certaines planètes, que n'expliquerait pas la théorie de la gravitation: ces fluctuations de la rotation terrestre seraient même

considérables. Voilà qui ne va pas simplifier l'astronomie de l'avenir, après que la théorie de la relativité a déjà singulièrement troublé nos idées sur le *Temps*.

Le physicien va-t-il nous apporter quelques renseignements sur l'avenir de l'Univers? Il y a quelque soixante ans, la réponse, inspirée par une extrapolation gigantesque du principe de Carnot, était formelle. Sir William Thomson signalait la tendance universelle à la dissipation de l'énergie mécanique dans un monde supposé fini. Il développait cette idée que la chaleur est l'agent communiste par excellence, et que cette tendance vers l'égalisation doit conduire fatalement l'Univers à sa ruine; quand tout sera ramené à la même température, ce sera la fin du monde. Depuis lors, d'autres points de vue se sont introduits dans la physique; tel celui des probabilités. Toutes les combinaisons offertes par les constituants en nombre immense d'un système ne sont pas également probables, et on admet que les phénomènes marchent dans le sens de la plus grande probabilité, de telle sorte que l'événement le plus probable tend à se réaliser. Les lois de la nature n'apparaissent plus alors que comme des lois de plus grande probabilité. Des fluctuations peuvent se produire au bout de temps suffisamment longs, et il n'est pas absolument impossible que le monde retourne quelque jour en arrière. Certains ont pu même ressusciter la vieille doctrine du *Retour éternel*. Comme les Livres, les Théories ont leurs destins.

Laplace savait mieux que personne quelles approximations il avait dû faire dans ses profondes recherches. Son esprit positif, s'appuyant sur l'expérience et le calcul, se refusait à de trop vastes généralisations, et dans son œuvre il a témoigné en général de la plus grande prudence. Les lignes suivantes résument bien sa pensée à ce sujet: « On peut représenter, — a-t-il écrit, — les états successifs de l'Univers par une courbe dont le temps serait l'abscisse, et dont les coordonnées exprimeraient ses divers états. Connaissant à peine un élément de cette courbe, nous sommes loin de pouvoir remonter à son origine, et, si, pour reposer l'imagination toujours inquiète d'ignorer la cause des phénomènes qui l'intéressent, on hasarde quelques con-

jectures, il est sage de ne les présenter qu'avec une extrême réserve». Ce que Laplace dit là du passé peut se dire aussi du lointain avenir.

Au témoignage de ceux qui ont assisté à la mort de Laplace, ses derniers mots ont été: «Ce que nous connaissons est peu de chose, ce que nous ignorons est immense.» On croit entendre l'écho des paroles de Newton se comparant à un enfant jouant avec des cailloux devant l'océan inexploré. Malgré tant de découvertes accumulées depuis deux siècles, ces *ultima verba* restent toujours vrais; ils rappellent aux générations de chercheurs combien dur est le labeur de ceux qui veulent arracher ses secrets à la nature.

IMPRIMERIE DE L'OBSERVATOIRE D'ABBADIA

Hendaye, Basses-Pyrénées.